نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۷۸-۶۵

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 65- 78

اثر صمغ‌های دانه ریحان و گزانتان بر ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی سس مایونز کم‌چرب

سیما شمسایی[۱]، سید محمدعلی رضوی*[۲]، بهاره عمادزاده[۳]، اسماعیل عطای صالحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴

چکیده

در این تحقیق، اثر سطوح مختلف صمغ گزانتان و صمغ دانه ریحان به‌عنوان جایگزین‌های چربی در غلظت ۰/۴۵، ۰/۶ و ۰/۷۵ درصد بر خواص رئولوژیکی، پایداری امولسیون، پارامترهای رنگ و اندازه قطرات روغن سس مایونز کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات جریان نمونه‌ها با استفاده از مدل‌های پاورلا، بینگهام، هرشل- بالکی و کاسون توصیف شد. نتایج نشان داد تمامی نمونه‌ها جزء سیالات غیرنیوتنی سودوپلاستیک می‌باشند. با افزایش غلظت صمغ (گزانتان، ریحان و مخلوط گزانتان- ریحان) از ۰/۴۵ تا ۰/۷۵درصد، شاخص رفتار جریان تمامی نمونه‌ها کاهش پیدا کرد، در حالی که ضریب قوام و ویسکوزیته ظاهری افزایش یافت. بیشترین ضریب قوام به نمونه محتوی ۰/۷۵ درصد صمغ گزانتان تعلق داشت، اما کمترین مقدار مربوط به نمونه تثبیت شده با ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان بود. تمام نمونه‌ها در طول نگهداری پایداری بالایی داشتند. امولسیون حاوی ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان پایین‌ترین اندازه قطرات روغن را داشت. سس مایونز تثبیت شده با ۰/۴۵ درصد صمغ گزانتان بیشترین پارامتر رنگی *L را به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، جایگزین چربی، رئولوژی، سس مایونز، صمغ

مقدمه

سس مایونز از جمله سس‌های امولسیونی است که سراسر دنیا مصرف فراوانی پیدا کرده است. این سس گذشته از طعم مطلوبی که به‌عنوان یک چاشنی در غذاهایی مانند انواع ساندویچ و سالادها پدید می‌آورد، بدلیل موادی مانند تخم‌مرغ و روغن که ترکیبات اصلی آن را تشکیل می‌دهند، نقش موثری در تامین مواد مغذی و انرژی لازم برای انسان دارد (Raghubeer و همکاران، ۱۹۹۵). طبق تعریف استاندارد ایران، سس مایونز چاشنی است که از امولسیون شدن روغن های گیاهی خوراکی (حداقل ۶۶ درصد) در یک فاز مایع شامل سرکه به وجود می‌آید. در واقع مایونز فرآورده غذایی است که به‌صورت امولسیون دائم روغن در آب بوده و دارای بو و مزه ملایم است. رنگ آن کرم تا زرد کم رنگ و pH آن بین ۴-۳/۶ بوده و نباید از ۴/۱ تجاوز نماید (استاندارد ایران، شماره ۲۴۵۴). اندازه قطرات روغن در مایونز بطور متوسط حدود ۲/۶۴ میکرون است. این قطرات به‌وسیله یک غشاء نازک با ضخامت تقریبی ۱۰۰-۲۰۰ انگستروم پوشیده شده‌اند (ترابی زاده، ۱۳۸۱).

در دهه‌های اخیر مصرف روغن و چربی‌ها افزایش قابل توجهی داشته است. از جمله دلایل این افزایش، مصرف برخی مواد غذایی است که برای ایجاد ویژگی‌های مناسب در آن‌ها از انواع روغن‌ها به میزان زیادی در فرمولاسیون یا تولید بکار می‌رود. مانند سس مایونز که در آن حداقل ۶۵ درصد روغن استفاده می‌شود. مصرف زیاد چربی‌ها و روغن‌ها در رژیم غذایی باعث بروز عوارض و بیماری‌هایی چون تصلب شرایین و نارسایی قلب حتی تا حد مرگ می‌شود (Birch و Lindley، ۱۹۸۷).

خوشبختانه در چند دهه اخیر تمایل زیادی برای مصرف روغن کمتر در رژیم غذایی بوجود آمده است (Bruhn و همکاران، ۱۹۹۲).

۱ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد قوچان.
۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- استادیار، گروه نانوفناوری موادغذایی، پژوهشکده علوم و صنایع خراسان رضوی.
(* - نویسنده مسئول: (Email: s.razavi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.37356

بنابراین موضوع جایگزین کردن بخشی از روغن با موادی که بتوانند همان نقش روغن را در ماده غذایی ایفا نمایند و تاثیری در خصوصیات ارگانولپتیکی ایجاد نکنند، ولی دارای کالری کمتری نیز باشند، مطرح می‌شود، که در این راستا تولید مایونز کم چرب یکی از این موارد جالب توجه می‌باشد (Friberg, وLaesson ., ۱۹۹۰).

صمغ‌ها، کلوئیدهای آبدوست، و یا هیدروکلوئیدها[1]، پلیمرهای هیدروفیلی با وزن مولکولی بالا هستند که سال‌های متمادی است که به شکل ترشحات درختان و بوته‌ها، عصاره گیاهان و جلبک‌های دریایی، آرد دانه‌ها یا بذرها، لعاب‌های چسبناک حاصل از فرایندهای تخمیر و بسیاری از فراورده‌های طبیعی دیگر یافت می‌شوند (Glicksman.، ۱۹۸۲). مطالعات نشان داده است یکی از خواص عملکردی برخی هیدروکلوئیدها خاصیت پایدارکنندگی-امولسیون‌کنندگی است بطوری که عموماً با افزایش ویسکوزیته و قوام فاز پیوسته از شکستن امولسیون جلوگیری می‌کنند. در حقیقت، ترکیبات مذکور اغلب با تشکیل لایه‌های بین سطحی قوی در اطراف ذرات فاز پراکنده (روغن) به‌عنوان پایدارکننده عمل می‌کنند (Dominic ، ۱۹۸۹و Anonymous ،۱۹۹۲). بنابراین صمغ‌ها یا هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون انواع مایونز برای پایدارسازی امولسیون به دلیل کنترل قابلیت جریان، بهبود چسبندگی و پراکنده‌سازی مواد جامد یا ذرات ادویه در محصول مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمدتاً برای این منظور از صمغ‌های گزانتان[2]، گوار[3]، کربوکسی‌متیل سلولز[4] و لوبیای اقاقیا[5] استفاده می‌شود (Ma و همکاران ،۱۹۹۵).

گیاه ریحان (*Ocimum bacilicum*) یک نوع از جنس اسیمم است. این جنس شامل ۱۵۰-۵۰ گونه است . این گیاه در مناطق گرمسیری جهان مانند آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی و مرکزی یافت شده است (رزمخواه شربیانی و همکاران، ۱۳۸۸). ریحان یکی از گیاهان بومی ایران است که بطور گسترده‌ای به‌عنوان یک گیاه دارویی استفاده می‌شود. این گیاه در کنار استفاده در پزشکی، در صنایع غذایی نیز کاربرد فراوانی دارد. ریحان یک منبع مشهور چاشنی محسوب می‌شود (نقیبی و همکاران، ۲۰۰۵). رضوی و همکاران (۲۰۰۸b) خصوصیات فیزیکومکانیکی دانه ریحان را بررسی کردند. پوسته بیرونی (موسیلاژ) دانه ریحان وقتی در آب خیسانده می‌شود، سریعا آب جذب کرده و بصورت یک توده متورم ژلاتینی قابل استخراج می‌شود (آزرمو و ساکوموتو، ۲۰۰۳). رضوی و همکاران (۲۰۰۸c) استخراج صمغ از دانه ریحان را با استفاده از روش رویه سطح پاسخ بهینه کردند. دانه ریحان حاوی مقادیر زیادی هیدروکلوئید با خواص رئولوژیکی قابل توجه است که آن را با سایر هیدروکلوئید-های تجاری قابل مقایسه کرده‌است. این گیاه حاوی یک ساختار هتروپلی‌ساکاریدی است که شامل گلوکومانان، زایلان وگلوکان می-باشد. رفتار جریان غلظت‌های مختلف صمغ دانه ریحان (۲ -۰/۱ درصد) از نوع سودوپلاستیک بوده و از میان مدل‌های رئولوژیکی مستقل از زمان، مدل هرشل بالکی مناسب‌ترین مدل برای توصیف رفتار جریان آن معرفی شده است. وجود تنش تسلیم علاوه بر رفتار سودوپلاستیک صمغ دانه ریحان، بیانگر توانایی تعلیق ذرات توسط این هیدروکلوئید است که کاربرد آن را بعنوان یک پایدارکننده خوب در برخی فرمولاسیون‌های غذایی مانند مایونز و سس‌های سالاد ممکن می‌سازد. علاوه بر این صمغ دانه ریحان در غلظت‌های برابر دارای ویسکوزیته سرعت برشی صفر بسیار بیشتری نسبت به صمغ-های گوار و لوبیای اقاقیا (حدود ۲۰۰ برابر صمغ گوار و ۱۴۰۰ برابر صمغ لوبیای اقاقیا) بود. ویسکوزیته سرعت برشی صفر نشان‌دهنده توانایی محلول هیدروکلوئیدی در تعلیق ذرات، در یک فرمولاسیون غذایی نظیر سس‌های سالاد و مایونز است (حسینی پرور و همکاران ،۱۳۸۸).

صمغ گزانتان یک پلی‌ساکارید میکروبی است که خصوصیات رئولوژیکی ویژه‌ای دارد و در صنایع مختلف بعنوان عامل پایدارکننده، جایگزین چربی، سوسپانسیون‌کننده و قوام‌دهنده کاربردهای گسترده‌ای دارد. ساختار اصلی گزانتان شامل واحدهای gluco-pyranosyl (1→4)β-D است که در C-3 با گلوکز با یک زنجیره جانبی تری‌ساکارید باردار جایگزین شده است (Johnson و همکاران، ۱۹۷۵).

نیک‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) در یک تحقیق تاثیر دو صمغ بومی ایران به نام‌های صمغ دانه ریحان و دانه مرو را در مقایسه با صمغ دانه گوار بر پایداری سس مایونز مطالعه نمودند. تمامی سس‌های مایونز طبیعت شل‌شونده با برش داشتند و افزودن صمغ‌ها باعث افزایش ضریب قوام در این نمونه‌ها شد. نمونه‌های تثبیت شده با هر سه صمغ از پایداری بالایی (۸۵/۶۳۵– ۹۹/۸۸۹ درصد) برخوردار بودند. پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، پدیده خامه‌ای شدن در هیچ کدام از نمونه‌ها دیده نشد. کمترین قطر متوسط ذرات چربی مربوط به سس مایونز حاوی ۰/۵ درصد از مخلوط صمغ-های ریحان-گوار به نسبت ۵۰/۵۰ بود. سس‌های مایونز حاوی صمغ دانه ریحان دارای بالاترین امتیاز بو و کیفیت مالش‌پذیری بودند، در حالی که بیشترین امتیاز طعم به نمونه تثبیت شده با غلظت ۰/۳درصد ترکیب دو صمغ گوار-دانه ریحان با نسبت ۵۰/۵۰ اختصاص داشت. نتایج بهینه یابی نشان داد که غلظت ۰/۵ درصد ترکیب سه صمغ گوار- مرو- ریحان با نسبت برابر ۳۳/۳۳ درصد، مطلوب‌ترین فرمول است. Ma و همکاران (۱۹۹۵) خصوصیات رئولوژیکی مایونز را در غلظت‌های مختلف گزانتان و روغن بررسی کردند. پردازش داده‌ها با

---
1 Gums, hydrocolloids
2 Xanthan
3 Guar
4 CMC
5 Locust bean gum

مدل هرشل بالکی نشان دادکه غلظت روغن و صمغ گزانتان بر شاخص رفتار جریان، ضریب قوام و تنش تسلیم تاثیرگذار است. Barbosa-Canovas و همکاران (۱۹۹۵) خواص رئولوژیکی سه نمونه مایونز را با مقادیر مختلف روغن و مقادیر مختلف گزانتان بررسی و بیان نمودند که با افزایش غلظت روغن و گزانتان مدول ذخیره، تنش تسلیم و ویسکوزیته کمپلکس افزایش می‌یابد . Stern Peter و همکاران (۲۰۰۱) خصوصیات رئولوژیکی و حسی مایونز را بررسی کردند. مقدار تنش تسلیم با چندین خصوصیت حسی در ارتباط بود. مقدار تنش تسلیم و پذیرش بافت بطور معنی‌داری با پذیرش طعم همبستگی داشت. Mancini و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر غلظت و وزن مولکولی آلژینات را روی خصوصیات عملکردی مایونز بررسی کردند. قدرت امولسیون نمونه‌های آلژینات با غلظت ۰/۵ و ۰/۸ درصد بطور معنی‌داری از نمونه شاهد بیشتر بود.

دستیابی به منابع هیدروکلوئید جدید بومی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای هیدروکلوئیدهای تجاری ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق استفاده از صمغ دانه ریحان به‌عنوان یک صمغ بومی و جایگزین چربی در فرمولاسیون مایونز کم‌چرب بوده است. نقش ویژگی‌های فیزیکی، حسی و رئولوژیکی در تولید مایونز بسیار مهم می‌باشد، از این‌رو در این تحقیق ضمن تولید مایونز با استفاده از صمغ بومی، خصوصیات رئولوژیکی، پایداری امولسیون، توزیع اندازه ذرات امولسیون و پارامترهای رنگ نمونه‌های سس مایونزکم چرب به‌عنوان تابعی از نوع صمغ (دانه ریحان، گزانتان و مخلوط دانه ریحان-گزانتان) و غلظت صمغ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد اولیه شامل روغن، شکر، نمک، تخم‌مرغ، اسید سیتریک، سرکه، پودر خردل، بنزوات سدیم، صمغ دانه ریحان و گزانتان بود. اسید سیتریک از شرکت سیتروکیم کرمانشاه و بنزوات سدیم از شرکت اینزاین چین، صمغ گزانتان از شرکت siqma، روغن مایع از شرکت تولیدی تینا، شکر، نمک، تخم‌مرغ و سرکه از یکی از سوپر مارکت‌های شهر مشهد و پودر خردل از یکی از عطاری‌های شهر مشهد به مقدار مورد نیاز تهیه شدند. جهت استخراج صمغ، دانه ریحان از یک عطاری تهیه شد و طبق روش رضوی و همکاران (۲۰۰۸) صمغ آنها استخراج شد.

تولید مایونز کم‌چرب

برای تولید سس مایونز از فرمول ذکر شده در جدول (۱) استفاده شد. بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۶۴، سس‌های مایونز به انواع رژیمی و معمولی تقسیم می‌شوند. سس مایونز رژیمی فراورده غذایی نیمه جامد یا سیال است که از امولسیون شدن جانشین‌های چربی و روغن‌های گیاهی به همراه سرکه و افزودنی‌های دیگر آماده می‌شود که دارای انرژی و چربی کمتر از سس مایونز و سس‌های سالاد می‌باشد. سس‌های مایونز رژیمی خود به دو گروه سس با چربی کمتر (کاهش یافته) که میزان چربی در آن نسبت به ۶۶ درصد در مایونز معمولی حداقل ۲۵ درصد کاهش می‌یابد و سس مایونز کم چرب که میزان چربی در این سس نسبت به ۶۶ درصد در مایونز معمولی ۵۰ درصد کاهش یافته است، تقسیم می‌شوند. بنابراین سس تولیدی در این پژوهش بر اساس استاندارد ایران به شماره ۲۴۶۴ از نوع مایونز کم چرب می‌باشد.

جدول ۱- فرمولاسیون سس مایونز کم‌چرب

نوع ترکیبات	مقدار بر حسب درصد
روغن	۳۳
تخم مرغ	۸
سرکه	۱۳
شکر	۳/۵
نمک	۱/۵
پودر خردل	۰/۳
اسید سیتریک	۰/۱۳
بنزوات سدیم	۰/۰۷
آب	بر اساس میزان صمغ
صمغ	۰/۷۵-۰/۴۵

آزمایشات فیزیکی

پایداری

نمونه‌های مایونز در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. پایداری امولسیون (ES)[1] هر نمونه با استفاده از معادله ذیل تعیین گردید (نیک نیا و همکاران، ۲۰۰۹):

(حجم کل/ حجم امولسیون باقی‌مانده)= ٪ پایداری امولسیون   (۱)

اندازه ذرات

توزیع اندازه ذرات مایونز با استفاده از دستگاه انکسار نور لیزر (Fritsch Analysette 22، آلمان) تعیین شد (Liu. و همکاران،۲۰۰۷). با این آزمون قطر متوسط ذرات، مساحت سطح ویژه و پهنای توزیع اندازه ذرات (اسپان) محاسبه گردید.

آزمون‌های رئولوژیکی

برای اندازه‌گیری خواص رئولوژیکی پایای مستقل از زمان نمونه‌ها از ویسکومتر دورانی بوهلین (UK, Malvern, Visco 88)

1 Emulsion stability

مجهز به سیرکولاتور حرارتی استفاده گردید. با توجه بـه ویسـکوزیته نمونه‌ها از اسپیندل باب و کاپ C_{30} جهت انجام آزمون‌ها استفاده شد. دمای هر آزمون ۰/۲± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درجه برش در دامنه (s^{-1}) ۳۰۰-۱۴ تنظیم گردید.

به‌منظور توصیف رفتار جریان نمونه‌های مایونز و بدسـت آوردن پارامترهای رئولوژیکی از چهار مدل مشهور مسـتقل از زمـان قـانون توان (۱)، بینگهام (۲)، هرشل- بالکی (۳) و کاسون (۴) به شرح ذیل استفاده شد (رضوی و اکبری، ۱۳۸۸):

$$\tau = k\dot{\gamma}^{n} \quad (1)$$

$$\tau = \mu_p \dot{\gamma} + \tau_0 \quad (2)$$

$$\tau = k\dot{\gamma}^{n} + \tau_0 \quad (3)$$

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + k_c\sqrt{\dot{\gamma}} \quad (4)$$

در مدل‌های فوق k ضریب قوام ($Pa.s^n$)، n شاخص رفتار جریان، τ_0 تنش تسلیم (Pa)، μ_P ویسکوزیته پلاستیک بینگهـام (Pa.s) و k_c ثابت مدل کاسون ($\mu_c = k_c^2$ ویسکوزیته پلاستیک کاسون) می‌باشد.

سنجش رنگ

برای ارزیابی رنگ نمونه‌های سس مایونز از روش پردازش تصویر استفاده شد. تمام آنچه که در تصویر وجود دارد، مولفه‌های رنگی است که در پیکسل‌های تصویر ذخیره شده است. بر این اساس هر رنگ را می‌توان با ترکیب سه رنگ اصـلی قرمـز (R)، سـبز (G) و آبـی (B) بازسازی کرد. جهت پردازش تصاویر در اتاقک پردازش تصویر تحـت شرایط معین از نمونه‌ها عکس‌برداری شد و تصاویر بدسـت آمـده بـا اسـتفاده از نـرم افـزار Imagej1.42e بـه وسـیله برنامـه Color_Space_Converter پردازش شـده و پارامترهـای *L، *a و *b تصاویر استخراج گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی تاثیر هیدروکلوئیدهای صمغ دانه ریحان، گزانتان و مخلوط آنها در سـه سـطح غلظتـی (۰/۴۵، ۰/۶۰ و۰/۷۵) درصد بر خصوصیات مایونز کم‌چرب از طرح کاملاً تصـادفی استفاده گردید (جدول ۲). آزمایشات شامل ویژگی‌هـای رئولـوژیکی، پارامترهای توزیع اندازه ذره، پایداری و آزمون‌های رنگ مـایونز کـم چرب در دو تکرار انجام شدند. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی تب (نسخه ۱۵،۱،۱) و برازش مدل‌های رئولوژیکی با نرم‌افزار اسـلاید رایت (۱۹۸۳) انجام شد. تکرارها با استفاده از آزمون LSD در سـطح آماری ۱٪ مورد مقایسه قرار گرفتند. .

جدول ۲- تیمارهای آزمایش بر اساس درصد جایگزینی و غلظت صمغ (تمام متغیرها بر حسب درصد).

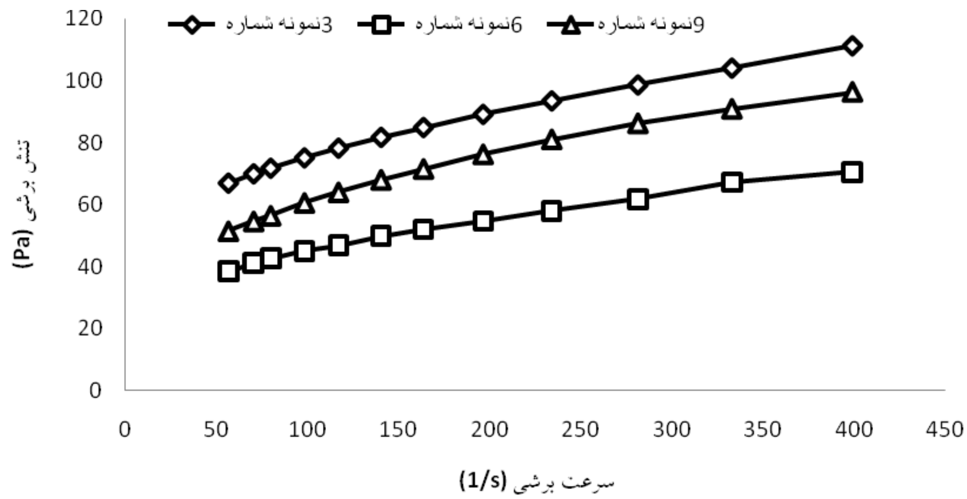
تیمار	درصد جایگزینی		C%
	XG	RSG	
۱	۱۰۰	۰	۰/۴۵
۲	۱۰۰	۰	۰/۶۰
۳	۱۰۰	۰	۰/۷۵
۴	۰	۱۰۰	۰/۴۵
۵	۰	۱۰۰	۰/۶۰
۶	۰	۱۰۰	۰/۷۵
۷	۵۰	۵۰	۰/۴۵
۸	۵۰	۵۰	۰/۶۰
۹	۵۰	۵۰	۰/۷۵

RSG، صمغ دانه ریحان؛ XG، صمغ گزانتان و C ،غلظت صمغ

نتایج و بحث

ویژگی‌های رئولوژیکی

شکل ۱ رفتار جریان برخی نمونه‌های سس مایونز کم چرب را بر حسب تنش برشی- درجه برش را نشان می‌دهد. از آنجایی که رابطه بین تنش برشی- درجه برش غیرخطی است، بنابراین نمونه‌های سس مایونز از نظر رئولوژیکی جزء سیالات غیرنیوتنی طبقه‌بندی می‌شوند. در این تحقیق از مدل‌های قانون توان، هرشـل–بـالکلی، بینگهـام و کاسون برای توصیف رفتار جریان رئولوژیکی مستقل از زمان نمونه‌ها استفاده شد. نتایج بدست آمده از مدل‌سازی (جداول ۳ و ۴) نشان داد در بین مدل‌های ذکر شده، مدل قانون توان به دلیل ضـریب تبیـین (R^2) بالا (۰/۹۹۱۵-۰/۹۹۹۵) قادر به برازش بهتـر داده‌هـای تـنش برشی- درجه برش بوده است (جدول ۳)، اگر چه سایر مـدل‌هـا نیـز توانستند بخوبی رفتار جریان را توصیف کنند (جدول ۴).



شکل ۱- رابطه تنش برشی با درجه برش نمونه‌های سس مایونز کم‌چرب (◇، نمونه شماره ۳؛ △، نمونه شماره ۶؛ □، نمونه شماره ۹)

شاخص رفتار جریان (n)

همانطور که در جداول ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، شاخص رفتار جریان مدل قانون توان و مدل هرشل-بالکلی تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ بوده است که نشان‌دهنده رفتار شل‌شونده با برش (سودوپلاستیک) مایونزها می‌باشد. این خاصیت باعث بهبود پراکندگی ذرات روغن در فاز مایع شده و از بهم چسبیدن ذرات روغن و دو فاز شدن سس جلوگیری می‌نماید (طاهریان و همکاران ۲۰۰۷، کوچکی و همکاران ۲۰۰۹، نیک نیا و همکاران ۲۰۰۹). در این تحقیق مقدار شاخص رفتار جریان مدل قانون توان و مدل هرشل-بالکلی به ترتیب در دامنه ۰/۵۸۴-۰/۲۳۸ و ۰/۶۹۲-۰/۳۵۰ بوده است. مقدار پایین شاخص رفتار جریان در سس‌های مایونز مورد بررسی احتمالاً به دلیل حضور صمغ‌ها به‌عنوان جایگزین چربی می‌باشد که موجب خاصیت شل‌شوندگی قوی نمونه‌ها شده است.

با ملاحظه جداول ۳ و ۴ می‌توان دریافت که شاخص رفتار جریان تمام نمونه‌ها با افزایش غلظت صمغ (گزانتان، ریحان و ترکیب گزانتان و ریحان) از ۰/۴۵ الی ۰/۷۵ درصد کاهش پیدا کرده، اگرچه این اختلاف در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان و مخلوط هر دو صمغ گزانتان و دانه ریحان معنی‌دار نبود (p> ۰/۰۱). مقایسه نمونه‌های حاوی صمغ دانه ریحان با مایونزهای حاوی مخلوط هر دو صمغ نیز نشان می‌دهد که نمونه‌های حاوی مخلوط هر دو صمغ دانه ریحان و صمغ گزانتان میزان n کمتری در هر سه غلظت نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ دانه ریحان دارا می باشند. کمترین شاخص رفتار جریان مدل قانون توان برای نمونه حاوی غلظت ۰/۷۵ صمغ گزانتان بدست آمد، درحالی‌که کمترین شاخص رفتار جریان مدل هرشل- بالکلی به مایونز تهیه شده با غلظت ۰/۷۵ درصد مخلوط صمغ‌ها (صمغ دانه ریحان- صمغ گزانتان) اختصاص داشت (جدول۴).

جدول ٤ - پارامترهای مدل قانون توان (ضریب قوام (k)، شاخص رفتار جریان (n)) و ویسکوزیته ظاهری η_a (در درجه برش $42\ s^{-1}$) بدست آمده برای برای نمونه های سس مایونز کم چرب[a]

تیمار	XG	RSG	C%	$k (Pa\ s^n)$	n	R^2	η_a (Pa s)
۱	۱۰۰	۰	۰/۴۵	۱۴/۲۳۸[c]	۰/۲۷۷[bd]	۰/۹۹۱۵	۰/۹۵۸[c]
۲	۱۰۰	۰	۰/۶۰	۱۷/۱۴۷[b]	۰/۲۷۳[bd]	۰/۹۹۴۷	۱/۲۰۳[b]
۳	۱۰۰	۰	۰/۷۵	۲۶/۲۱۰[a]	۰/۲۳۸[d]	۰/۹۹۹۵	۱/۵۱۳[a]
۴	۰	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۴۲۲[h]	۰/۵۶۶[a]	۰/۹۹۵۹	۰/۲۷۰[f]
۵	۰	۱۰۰	۰/۶۰	۲/۲۶۸[g]	۰/۵۸۴[a]	۰/۹۹۵۷	۰/۳۰۳[ef]
۶	۰	۱۰۰	۰/۷۵	۶/۸۳۹[e]	۰/۳۷۰[b]	۰/۹۹۲۷	۰/۶۸۶[d]
۷	۵۰	۵۰	۰/۴۵	۸/۰۲۶[e]	۰/۳۷۳[b]	۰/۹۹۵۳	۰/۵۷۸[de]
۸	۵۰	۵۰	۰/۶۰	۱۱/۰۸۲[d]	۰/۳۳۴[bd]	۰/۹۹۵۷	۰/۹۲۱[c]
۹	۵۰	۵۰	۰/۷۵	۱۵/۷۸۷[bc]	۰/۳۰۴[bd]	۰/۹۹۵۵	۱/۱۷۱[b]
LSD[b]				۱/۹۴۱	۰/۱۰۲		۰/۱۵۷

[a] اعداد میانگین دو تکرار می باشد؛ [b] برای مقایسه میانگین‌ها درهر ستون در سطح ۰/۰۱ میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD می‌باشند

جدول ٤- پارامترهای مدل‌های هرشل- بالکی، بینگهام و کاسون بدست آمده برای نمونه‌های سس مایونز کم‌چرب[a]

تیمار	مدل هرشل-بالکی				مدل بینگهام			مدل کاسون		
	τ_{0H}	k_H	n_H	R^2	τ_{0B}	μ_B	R^2	τ_{0C}	μ_C	R^2
۱	۱۸/۲۷^{c}	۲/۸۳۹^{cde}	۰/۴۷۱^{a}	۰/۹۲۳۴	۳۴/۸۰^{c}	۰/۱۱^{cd}	۰/۹۲۵۲	^{d}۲۵/۱۹۰	۰/۰۳۸^{b}	۰/۹۷۲۹
۲	۲۱/۶۴۸^{bc}	۴/۶۸۳^{ab}	۰/۴۳۷^{a}	۰/۹۸۹۸	۴۱/۳۷^{b}	۰/۱۳^{b}	۰/۹۵۳۵	۳۰/۱۲۹^{b}	۰/۰۴۳^{a}	۰/۹۷۵۴
۳	۳۷/۰۳۲^{a}	۴/۹۸۸^{ab}	۰/۴۱۸^{a}	۰/۹۹۹۲	۵۶/۵۴^{a}	۰/۱۵^{a}	۰/۹۵۸۸	۴۳/۲۸۱^{a}	۰/۰۴۶^{ab}	۰/۹۹۴۹
۴	۰/۳۰۸^{f}	۰/۱۸۵^{f}	۰/۶۹۲^{a}	۰/۷۶۵۴	۲/۳۴^{e}	۰/۰۶^{f}	۰/۵۲۲۹	۱/۰۵۸^{h}	۰/۰۱۴^{c}	۰/۸۲۸۳
۵	۱/۴۹۹^{f}	۰/۴۰۵^{f}	۰/۵۹۱^{a}	۰/۹۶۵۶	۵/۵۴^{e}	۰/۰۹^{e}	۰/۵۲۳۴	۳/۲۷۴^{g}	۰/۰۱۶^{c}	۰/۵۲۲۹
۶	۸/۲۰۰^{e}	۱/۸۹۹^{e}	۰/۳۶۴^{a}	۰/۸۸۷۶	۲۲/۴۷^{d}	۰/۱۳^{b}	۰/۸۸۷۱	۱۳/۳۱^{f}	۰/۰۴۸^{ab}	۰/۹۳۸۵
۷	۹/۵۵^{de}	۲/۰۲^{de}	۰/۵۳۰^{a}	۰/۶۷۸۴	۲۰/۰۶^{d}	۰/۱۰۲^{de}	۰/۹۶۹۳	۱۲/۴۹^{f}	۰/۰۴۴^{ab}	۰/۹۸۲۸
۸	۱۵/۲۴^{cd}	۳/۸۲۱^{bc}	۰/۴۸۱^{a}	۰/۷۷۴۵	۳۵/۴۳^{c}	۰/۱۰۹^{d}	۰/۷۷۴۰	۲۱/۶۱۴^{e}	۰/۰۵۲^{ab}	۰/۹۸۴۳
۹	۲۰/۱۲۵^{c}	۵/۳۵۵^{a}	۰/۳۴۵^{a}	۰/۹۲۱۳	۴۵/۱۹^{b}	۰/۱۲^{bc}	۰/۷۰۷۰	۲۷/۹۴۷^{c}	۰/۰۵۷^{a}	۰/۹۷۳۹
LSD[b]	۶/۵۶۲	۱/۴۹۰	۰/۸۸		۴/۸۴۲	۰/۰۱۱		۱/۰۹۴	۰/۰۱۸	

[a] اعداد میانگین دو تکرار می باشد؛ [b] برای مقایسه میانگین‌ها درهر ستون در سطح ۰/۰۱ میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD می‌باشند

برای ایجاد ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مناسب و دلخواه می‌بایست از صمغ‌هایی استفاده نمود که ضریب قوام بالا و شاخص رفتار جریان پایینی دارند (Ezidoro و همکاران،۲۰۰۷). تمام نمونه-های تهیه شده در این تحقیق n کمتر از ۰/۶ داشتند، در نتیجه از این نظر مطلوب بودند. اندیس رفتار جریان امولسیون‌ها را می‌توان با اندازه قطرات روغن، توزیع اندازه ذرات و خاصیت کلوئیدی فاز پیوسته مرتبط دانست. بررسی خواص رئولوژیکی مایونز و در کل امولسیون‌های روغن در آبی که با استفاده از پلی‌ساکاریدها تثبیت شده‌اند ، نشان داده است که این سیستم‌ها رفتار سودوپلاستیک و شل‌شونده با درجه برش دارند (Shyvlay and Swan Line ،۲۰۰۴. Ezidoro و همکاران،۲۰۰۷. Sykora و همکاران ،۲۰۰۷. Koocheki و همکاران ،۲۰۰۹. .Nor Hayatiو همکاران ،۲۰۰۸ و Niknia و همکاران. ۲۰۰۹).

ضریب قوام (k)

با افزایش غلظت صمغ‌های مورد بررسی در تمام مایونزها ضریب قوام افزایش یافت (جداول ۳ و ۴). این نتایج مشابه سایر نتایج بدست آمده توسط محققین از جمله نیک نیا و همکاران(۲۰۰۹)، کوچکی و همکاران (۲۰۰۹)، Sun و همکاران (۲۰۰۷)، Mandala و همکاران (۲۰۰۴) و .Ibanoglu (۲۰۰۲) می‌باشد. در این پژوهش، بیشترین ضریب قوام در فرمول تولیدی با غلظت ۰/۷۵درصد صمغ گزانتان مشاهده شد، در حالیکه کمترین مقدار به فرمول دارای ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان تعلق داشت (جدول ۳). در مدل هرشل- بالکی بیشترین و کمترین میزان k به ترتیب به مایونز تهیه شده با ۰/۷۵ درصد مخلوط صمغ دانه ریحان-صمغ گزانتان و ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان تعلق گرفت (جدول ۴). بطور کلی نمونه‌های حاوی صمغ دانه ریحان ضریب قوام کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ دانه گزانتان داشتند .

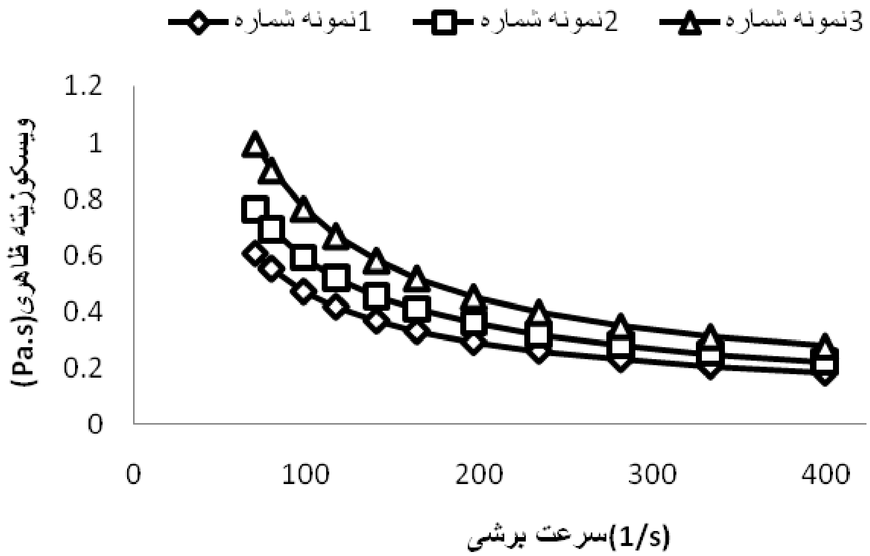
ویسکوزیته ظاهری (η_a)

رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و درجه برش نمونه‌های سس مایونز کم‌چرب در شکل ۲ نشان داده شده است. با افزایش درجه برش در تمام نمونه‌ها کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده شد که تاییدکننده رفتار غیرنیوتنی شل‌شونده با برش است. Mandala و همکاران (۲۰۰۴) و .Ibanoglu (۲۰۰۲) نیز نتایج مشابهی برای سس سفید پایدار شده با گزانتان و صمغ عربی گزارش کردند. همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، ویسکوزیته ظاهری مایونزها با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های ۴ و ۵ معنی‌دار نبود ($p > 0/01$). شدت تغییرات ویسکوزیته ظاهری سس‌ها با تغییر درجه برش نیز با افزایش غلظت هیدروکلوئید افزایش یافت که ناشی از خاصیت سودوپلاستیسته قوی صمغ‌های مورد استفاده است (شکل۲). در این تحقیق بیشترین ویسکوزیته ظاهری در نمونه ۳ یعنی مایونز تهیه شده با غلظت ۰/۷۵درصد صمغ گزانتان مشاهده شد، در حالیکه کمترین ویسکوزیته ظاهری مربوط به نمونه ۴ یعنی مایونز تهیه شده با ۰/۴۵درصد صمغ دانه ریحان بود (جدول ۳).

ویسکوزیته پلاستیک

نتایج نشان داد با افزایش غلظت صمغ میزان ویسکوزیته پلاستیک بینگهام (μ_B) افزایش یافت، اگرچه این افزایش تنها در نمونه‌های ۳، ۴ و ۵ معنی‌دار بود ($p < 0/05$). بیشترین مقدار ویسکوزیته بینگهام مربوط به مایونز تهیه شده با ۰/۷۵ درصد صمغ گزانتان و همچنین کمترین مقدارمربوط به مایونز حاوی ۰/۴۵ درصد

صمغ دانه ریحان می‌باشد (جدول ۴).



شکل ۲- اثر سرعت برشی بر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های مایونز کم‌چرب (◇، نمونه شماره ۱؛ □، نمونه شماره ۲؛ △، نمونه شماره ۳)

نتایج مدل کاسون هم نشان داد که با افزایش غلظت صمغ از ۰/۴۵ تا ۰/۷۵ درصد، میزان ویسکوزیته پلاستیک کاسون (μ_C) افزایش می‌یابد. با ملاحظه جدول ۴ می‌توان دریافت که بیشترین مقدار ویسکوزیته پلاستیک کاسون به نمونه تهیه شده با ۰/۷۵ درصد مخلوط صمغ‌ها و کمترین مقدار آن به مایونز تهیه شده با ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان تعلق داشت، اگرچه افزایش مقدار ویسکوزیته در نمونه‌های ۷، ۸ و ۹ معنی‌دار نمی‌باشد (جدول۴).

تنش تسلیم

بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش غلظت صمغ میزان تنش تسلیم هرشل– بالکلی (τ_{0H})، تنش تسلیم بینگهام (τ_{0B}) و تنش تسلیم کاسون (τ_{0C}) افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین مقدار تنش تسلیم مربوط به نمونه ۳ یعنی مایونز تهیه شده با ۰/۷۵ درصد صمغ دانه گزانتان و کمترین مقدار به نمونه ۴ یعنی مایونز تهیه شده با ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان تعلق گرفت، هرچند افزایش میزان تنش تسلیم با توجه به مدل هرشل بالکی در نمونه‌های ۴ و ۵ معنی‌دار نمی‌باشد. بر طبق مدل کاسون، در همه مایونزهای تولیدی از جمله نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان، صمغ دانه ریحان و نمونه‌های حاوی مخلوط صمغ دانه ریحان– صمغ گزانتان، افزایش غلظت صمغ سبب افزایش معنی‌دار در مقدار تنش تسلیم شد (جدول۴).

پارامترهای توزیع اندازه ذرات

در جدول ۵ نتایج پارامترهای توزیع اندازه بر حسب قطر متوسط ذرات، اسپان و مساحت سطح ویژه نمونه‌های سس مایونز آورده شده است. با ملاحظه نتایج می‌توان دریافت افزایش غلظت صمغ از ۰/۴۵ تا ۰/۷۵ درصد موجب افزایش اندازه ذرات و عدد اسپان سس مایونز شده است، در حالی که مساحت سطح ویژه سایر نمونه‌ها کاهش پیدا کرد. بر خلاف نتایج بدست آمده، نیک‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزایش غلظت صمغ (گوار، دانه ریحان و دانه مرو) سبب کاهش اندازه ذرات و افزایش مساحت سطح ویژه سس مایونز معمولی می‌گردد، ولی در اکثر موارد تغییر معنی‌داری در مقدار اسپان مشاهده نشد. از این نتایج می‌توان دریافت افزایش غلظت صمغ ریحان تاثیری بر یکنواختی ذرات در سس مایونز ندارد. نتایج تحقیق کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که افزایش غلظت صمغ قدومه شیرازی سبب کاهش اندازه ذرات امولسیون روغن ذرت در آب می‌شود. نورحیاتی و همکاران (۲۰۰۸) اثر صمغ‌های گزانتان، کربوکسی‌متیل‌سلولز، گوار، لوبیای اقاقیا و عربی را بر ثبات امولسیون مایونز مدل مطالعه کردند و مشاهده نمودند که افزودن این صمغ‌ها سبب ایجاد امولسیونی با اندازه ذرات کوچکتر می‌شود. از طرف دیگر نتایج تحقیق Lorenzo و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد افزایش غلظت مخلوط‌های مختلف گوار –گزانتان تاثیری بر روی توزیع اندازه ذرات نداشت. کمترین مقدار قطر متوسط (۲ میکرومتر) مربوط به فرمول ۰/۴۵ درصد صمغ دانه ریحان می‌باشد (جدول ۵). این مسئله می‌تواند به دلیل ویسکوزیته کمتر نمونه‌های حاوی صمغ ریحان نسبت به نمونه‌های تثبیت شده با صمغ گزانتان باشد که باعث بهبود عملکرد دستگاه هموژنایزر و در نتیجه تولید امولسیونی با اندازه ذرات کوچکتر

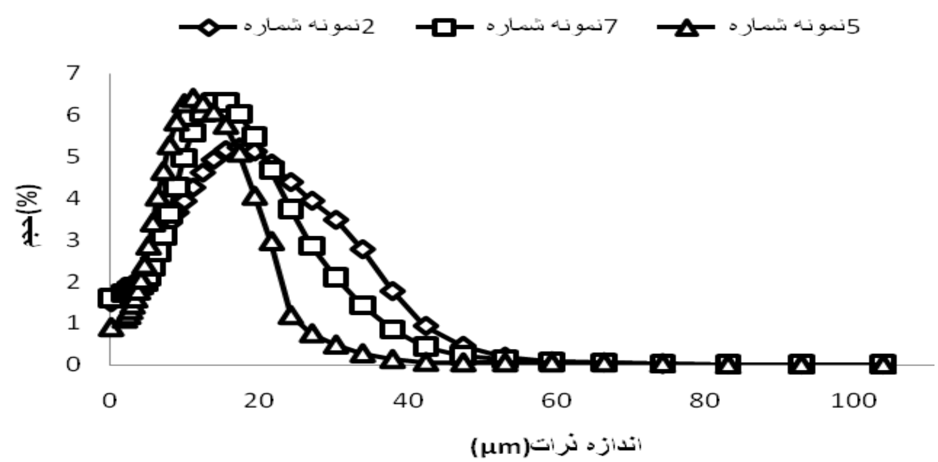
شده است (نیک نیا و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج مطالعات قبلـی نشـان می‌دهد که صمغ دانه ریحان دارای درصدی پروتئین است (رضوی و همکاران، c ۲۰۰۸) که ایـن پـروتئین ممکـن اسـت دارای خاصـیت امولسیفایری باشد. این خصوصیت سبب کاهش کشش بین سطحی و نهایتاً کاهش اندازه ذرات در سس مایونز می‌شـود. بـر اسـاس اظهـار Papalampr و همکاران (۲۰۰۵) افزودن صمغ گزانتان به امولسـیون در طی هموژنیزاسیون می‌توانـد جـذب پـروتئین را روی سـطح ذرات روغن افزایش داده و باعث تشکیل ذرات ریز در امولسیون شود. ایـن امر احتمالاً بدین دلیل است که با افـزایش ویسـکوزیته فـاز پراکنـده ،زمان لازم برای جذب پروتئین فراهم شده و در نتیجـه ذرات روغـن تثبیـت و از ادغـام شـدن قطـرات جلـوگیری مـی‌شـود (Makri و دوکاستاکیس،۲۰۰۶).

جدول ۵- پارامترهای توزیع اندازه ذرات (قطر میانگین ، اسپان و مساحت سطح ویژه) نمونه‌های مایونز کم‌چرب[a]

تیمار	XG	RSG	C	قطر میانگین	اسپان	مساحت سطح ویژه
۱	۱۰۰	۰	۰/۴۵	۳/۹۶[c]	۱/۸۱[b]	۱/۳۰۸[bc]
۲	۱۰۰	۰	۰/۶۰	۷/۲۵[ab]	۲/۲۷[a]	۱/۲۲۶[cd]
۳	۱۰۰	۰	۰/۷۵	۸/۲۵[a]	۲/۱۴[ab]	۱/۱۸۸[d]
۴	۰	۱۰۰	۰/۴۵	۲/۰[d]	۳/۷۵[a]	۱/۵۱۶[a]
۵	۰	۱۰۰	۰/۶۰	۴/۸۹[c]	۵/۲۰[a]	۰/۷۹۷[gh]
۶	۰	۱۰۰	۰/۷۵	۵/۰۵[c]	۶/۵۷[a]	۰/۷۲۶[h]
۷	۵۰	۵۰	۰/۴۵	۶/۵۸[b]	۲/۰۵[b]	۰/۹۱۷[ef]
۸	۵۰	۵۰	۰/۶۰	۷/۷۷[a]	۵/۷۰[a]	۰/۸۴۳[fg]
۹	۵۰	۵۰	۰/۷۵	۸/۰۳[a]	۳/۳۱[a]	۰/۷۵۱[h]
LSD[b]				۱/۱۲	۴/۴۶	۰/۱۳۲

[a] اعداد میانگین دو تکرار می باشد.[b] مقایسه میانگین درهر ستون در سطح ۰/۰۱ .میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

شکل۳ توزیع اندازه ذرات سس مـایونز را در غلظـت ۰/۶ درصـد صمغ دانه ریحان، گزانتان و مخلوط صمغ دانه ریحان- گزانتان نشان می‌دهد. با توجه به شکل می توان دریافت که هر سـه نمونـه توزیـع اندازه ذره مونومودال داشتند، اگرچه نمونه شماره ۵ نسـبت بـه سـایر نمونه‌ها تمایل بیشتری به سمت چـپ داشـت، بـدین معنـی کـه در صورت استفاده از صمغ دانه ریحان می‌توان امولسیونی با اندازه ذرات کوچکتر تولید نمود. نمونه ۲ بیشتر از دیگر نمونه‌ها به سـمت راسـت متمایل بود، یعنی اندازه ذرات در این امولسیون نسبت به سایر نمونه‌ها بزرگتر است. دامنـه توزیـع انـدازه ذرات در ایـن تحقیـق ۲ تـا ۸/۰۳ میکرومتر بود (۶).



شکل ۳- توزیع اندازه ذرات نمونه های مایونزکم چرب در غلظت ٠/٦٪ صمغ مورد استفاده (◇، نمونه شماره ۲؛ △، نمونه شماره ۵؛ □، نمونه شماره ۷)

Raymundo و همکارانش (۲۰۰۲) اندازه قطرات روغن را در ۱۰ نمونه مایونز تجاری بررسی کردند و میانگین آنهـا را ۵/۵ میکرومتـر گزارش کردند. همچنین نیک نیـا و همکـاران (۲۰۰۹) توزیـع انـدازه ذرات سس مایونز پرچرب را بسیار پایین و در دامنـه ۱/۳۱۵–۳/۴۶۵ میکرومتر گزارش کردند

پایداری فیزیکی

جدول ۶ مقادیر پایداری فیزیکی سس مایونز کم‌چرب را به‌عنوان تابعی از نوع و غلظت جایگزین چربی نشان می‌دهد. در بین نمونه‌ها، فرمول‌های ۱، ۲، ۳، ۸ و ۹ کاملاً پایدار بودند و هیچ‌گونه پدیده دوفاز شدن در آنها مشاهده نشد. پایداری بیشتر گزانتان احتمـالاً بـه دلیـل ویسکوزیته بیشتر این صمغ نسبت به صمغ دانه ریحان می‌باشـد. در بین سایر نمونه‌های دوفاز شده یعنی فرمول‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ بیشترین پایداری مربوط به مایونز حـاوی ۰/۷۵درصـد صـمغ دانـه ریحـان و کمترین پایداری مربوط به مایونز دارای ۰/۴۵درصد مخلـوط صـمغها (۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و ۵۰ درصد صمغ گزانتان) بود. افزایش غلظت صمغ دانه ریحان در نمونه‌های ۴ و ۵ معنی‌دار نبود ($p>0.05$).

نورحیاتی و همکاران (۲۰۰۸) پایداری مایونزهای مدل تهیه شده با هیدروکلوئیـدهـای گزانتـان،گوار، لوبیـای اقاقیـا، صـمغ عربـی و کربوکسی‌متیل‌سلولز را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشـان داد کـه همـه امولسیونها به جز امولسیون تهیه شده با کربوکسی‌متیل سلولز، دو فاز شدند. پایداری امولسیون حاوی صمغ عربی از همه کمتر بود کـه بـه ساختار ضعیف امولسیون و ویسـکوزیته پـایین آن نسـبت داده شـد. نیک‌نیا و همکاران (۲۰۰۹) پایداری مایونز پر چرب تولید شده با صمغ های دانه ریحان،گوار و مرو را اندازگیری کردند. نتایج نشان داد کـه بیشترین پایداری مربوط به صمغ گوار بود و تقریباً همه نمونـه هـا از پایداری بالایی برخوردار بودند.

جدول ٦- مقدار پایداری تیمارهای مایونز کم چرب[a]

تیمار	XG	RSG	C (%)	پایداری(درصد)	
				نمونه های دو فاز شده	نمونه های سه فاز شده
۱	۱۰۰	۰	۰/۴۵	_	_
۲	۱۰۰	۰	۰/۶	_	_
۳	۱۰۰	۰	۰/۷۵	_	_
۴	۰	۱۰۰	۰/۴۵	۶۵/۴۳[bd]	_
۵	۰	۱۰۰	۰/۶	۶۷/۰۷[b]	_
۶	۰	۱۰۰	۰/۷۵	۸۳/۴۲[a]	۴۷/۹۵
۷	۵۰	۵۰	۰/۴۵	۵۷/۰۵[d]	_
۸	۵۰	۵۰	۰/۶	_	_
۹	۵۰	۵۰	۰/۷۵	_	_
	LSD[b]۹/۹۴				

[a] اعداد میانگین دو تکرار می باشد.[b] مقایسه میانگین درهر ستون در سطح ۰/۰۱ .میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

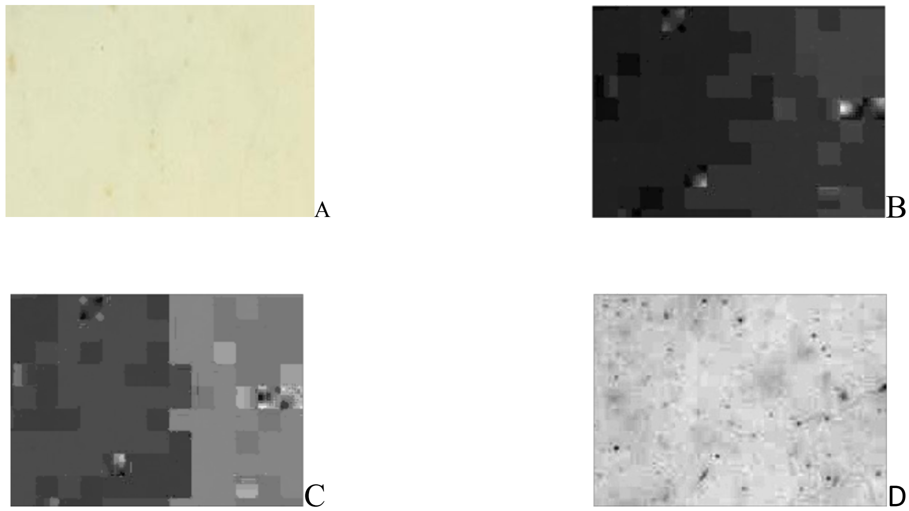
ویژگی‌های رنگ

در شکل ۴ نمونه‌ای از مراحل پردازش تصویر تبدیل عکس‌هـا از فرمت RGB به فرمت $L^*a^*b^*$ نشان داده شده اسـت. فضـای رنـگ $L^*a^*b^*$ از سه مولفه L^* ، a^* و b^* تشـکیل شـده اسـت. مولفـه L^* معادل روشنایی تصویر است که بـین صـفر (معـادل مشـکی) و صـد (معادل انعکاس کامل نور سفید) متغیر است. مقادیر مولفه a^* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر b^* نیز نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی می باشد (Yam وPapadakis، ۲۰۰۴).

همانطور که نتایج ارائه شده در جدول ۷ نشان می‌دهد با افزایش غلظت صمغ در نمونه‌هـا میـزان پـارامتر b^*، یعنـی زردی محصـول کاهش یافت. بالاترین مقدار b^* مربـوط بـه مـایونز تهیـه شـده بـا ۰/۴۵درصد صمغ گزانتان و کمترین مقدار مربوط به نمونه تهیه شده با ۰/۷۵درصد صمغ دانه ریحان می‌باشد، در نتیجه بهتـرین رنـگ از لحاظ زردی محصول در نمونه شماره ۶ مشاهده شده است.

در این تحقیق با افزایش غلظت صمغ گزانتان در سه نمونه ۱، ۲ و ۳، مقدار L^* کاهش یافت، یعنی از روشنایی محصول کاسـته شـد، این در حالی است که در نمونه های حاوی مخلوط صمغ دانه ریحان-گزانتان، با افزایش غلظت صـمغ‌هـا، مقـدار L^* افـزایش یافـت. در نمونه‌های حاوی صمغ دانـه ریحـان رونـد خاصـی مشـخص نشـد. بیشترین مقدار L^* مربوط به مایونز تهیه شده با ۰/۴۵ درصـد صـمغ گزانتان و کمترین مربوط به مایونز تهیه شده با ۰/۴۵ درصـد صـمغ

دانه ریحان بود. مقدار *a در تمام نمونه‌ها منفی می‌باشد و مقدار منفی بیانگر رنگ سبز است. با افزایش غلظت صمغ در نمونه‌های حاوی گزانتان این مقدار کاهش یافت، یعنی از میزان رنگ سبز کاسته شد، ولی در سایر نمونه‌ها روند خاصی مشاهده نشد. بیشترین مقدار *a مربوط به مایونز تهیه شده با ۰/۷۵ درصد صمغ دانه ریحان و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه تهیه شده با ۰/۷۵درصد صمغ گزانتان می باشد.



شکل٤- نمونه تصویر تبدیل شده: (A) نمونه عکس بریده شده، (B) مولفه *a تصویر، (C) مولفه * b ، (D) مولفه *L تصویر.

دهقان و همکاران (۱۳۸۸) با افزودن نشاسته های گندم و ذرت به سس سفید تغییرات مقادیر *L، *a و *b را اندازه گرفتند و گزارش کردندکه با افزودن این هیدروکلوئیدها میزان *L و *a بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد. طیبه عالم زاده و همکاران (۱۳۸۸) با افزودن دو نوع صمغ کتیرای ایرانی بیان کردند مایونز همراه با کتیرای اصفهان در تمام غلظت‌ها دارای رنگ روشن‌تری نسبت به مایونز همراه با صمغ کتیرای اسفراین بوده و این تاثیر در غلظت ۰/۳ درصد صمغ بیشتر است.

جدول۷- پارامترهای رنگی *L ، *a و* b نمونه‌های مایونز کم چرب[a]

تیمار	XG	RSG	C (%)	L*	a*	b*
۱	۱۰۰	۰	۰/۴۵	[a]۸۸/۰۹	[e]–۴/۷۳	[a]۱۷/۲۸
۲	۱۰۰	۰	۰/۶۰	[de]۸۲/۶۴	[f]–۵/۲۵	[ab]۱۷/۰۵
۳	۱۰۰	۰	۰/۷۵	[ef]۸۲/۳۱	[f]–۵/۴۱	[bc]۱۶/۰۴
۴	۰	۱۰۰	۰/۴۵	[i]۶۹/۳۶	[b]–۴/۰۶	[c]۱۵/۸۰
۵	۰	۱۰۰	۰/۶۰	[fg]۸۰/۴۲	[f]–۵/۳۶	[c]۱۵/۳۵
۶	۰	۱۰۰	۰/۷۵	[g]۷۷/۳۳	[a]–۲/۸۹	[f]۷/۳۸
۷	۵۰	۵۰	۰/۴۵	[h]۷۶/۱۸	[ab]–۳/۲۹	[de]۱۰/۰۰
۸	۵۰	۵۰	۰/۶۰	[bc]۸۴/۹۰	[b]–۴/۰۶	[e]۹/۸۷
۹	۵۰	۵۰	۰/۷۵	[cd]۸۴/۵۷	[a]–۳/۲۲	[e]۹/۲۰
LSD[b]				۱/۰۸۳	۰/۴۹۴	۱/۱۰۷

[a]اعداد میانگین دو تکرار می‌باشد[b] مقایسه میانگین در هر ستون در سطح ۰/۰۱. میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD می‌باشند. صمغ ریحان (RSG)، صمغ گزانتان (XG) و غلظت صمغ (C)

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش نمونه‌های مایونز کم چرب جزء سیالات غیرنیوتنی شل‌شونده با برش طبقه‌بندی می‌شوند. با افزایش غلظت جایگزین‌های چربی (صمغ دانه ریحان و گزانتان) ویسکوزیته نمونه‌ها افزایش یافت.کمترین ویسکوزیته و قطر متوسط ذرات به مایونز حاوی ۰/۴۵ درصد ریحان تعلق گرفت. بر این اساس در صورت استفاده از صمغ دانه ریحان می‌توان امولسیونی با اندازه ذرات کوچکتر تولید نمود. با افزایش غلظت صمغ در نمونه‌های حاوی صمغ دانه ریحان با وجود افزایش پایداری، دو فاز شدن مشاهده شد. با افزایش غلظت صمغ گزانتان مقدار *L (روشنایی) کاهش یافت، در حالی که در نمونه‌های حاوی مخلوط صمغ دانه ریحان- صمغ گزانتان، با افزایش غلظت صمغ‌ها مقدار *L افزایش یافت. با توجه به نتایج بدست امده از این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از صمغ دانه ریحان به تنهایی در غلظت‌های پایین در سس مایونز کم چرب مطلوب نبوده و در صورت استفاده در غلظت‌های بالاتر لازم به بررسی بیشتر از نظر رنگ و پایداری می‌باشد ولی در صورت ترکیب با صمغ گزانتان (۰/۷۵٪ صمغ دانه ریحان- ۰/۷۵٪ صمغ گزانتان) نتایج مطلوب‌تری بدست امده که می‌توان سس کم‌چرب با ویژگی‌های مناسب جهت مصرف تولید نمود. .

منابع

Alemzadeh, T., Mohammadifar, M. A, Azizi, M. H., Ghanati, K. (1388) Effect of two different species of Iranian gum tragacanth on the rheological properties of mayonnaise sauce

Azoma, J. & Sakomoto, M, (2003). , Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants Trends in Glycoscience and Glycotechnology, 15(81), 1-14.

Barbosa-Canovas, G.V. &. Ma, L, (1995). , Rheological Characterization of mayonnaise. Part 2: flow and viscoelastic properties of different oil and xanthan gum concentration. Journal of Food Engineering, 25, 409-425.

Birch.G.C, and M.G.Lindley, (1987). , Low Calorie Products. Elsevier Applied Science, New York, USA, 681P.

Bruhn, C.M., A, Cotter, and M. Yaffee, (1992). , Consumer attitudes and market potential for food using fat substitutes, Food Technology, 46(4), 81-84.

David J. M, (1999). , Food Emulsions Chapman and Hall, New York.

Dominic V. S., (1989). , Mechanism and theory in Food Chemistry, 2nd Van Nostrand, Reinhold, London.

Friberg, S.E., Laesson, K, & Sjoblom, J, (2004). , Food Emulsions. Fourth Edition, Chapter 13 Glicksman, M, (1969), Gum technology in the food industry.

Hunterlab, the color Management Company. Hunter L, a, b versus CIE, (1976). , L*a*b*. Application Note, 2001, 13(2):1-6.

Ibanoglu, E, (2002). , .Rheological behavior of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum Arabic. Journal OF Food Engineering, 52,273-277.

Koocheki, A., Kadkhodaee, R., Mortazavi, S.A., Shahidi, F., Taherian, A.R, (2009). , Influence of alyssum homolocarpum seed gum on the stability and flow properties of o/w emulsion prepared by high intensity ultrasound. Food Hydrocolloids, 23 (8), 2416-2424.

Liu, H, X., M, Xu, Sh., Guo, D, (2007). , Rheological, texture and sensory properties of low–fat mayonnaise with different fat mimetics, LWT, 40,946-95.

Ma, L., and Barbosa-Ca'novas G.V, (1995). , Rheological characterization of mayonnaise. Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of Food Engineering.25, pages 397-408.

Ma, L and Barbosa-Ca'novas G.V, (1995). , Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of Food Engineering, Volume25, Issue3, pages, 409-425.

Mancini, F., Montanari, L., Perssini, D., & Fantozzi, P, (2002). , Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise. LWT, 35, 517-525.

Mandala, I.G, Savvas, T.P., Kostaropoulos.A.E, (2004). , Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. Journal of Food Engineering, 64,335-342

Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S.M., & Ghorbani, A, (2005). , Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2, 63-79.

NikNia, S, Razavi, S. M. A, Koocheki, A. 2009. Effect of selected stabilizers (basil seed gum, sage seed gum and guar gum) on the physical, sensory and rheological properties of mayonnaise. MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Razavi, S.M.A, Akbari, R.1388, Biophysical properties of agricultural& food materialsFerdowsi university of Mashhad publication.

Nor Hayati,I. , Yaakob,B.C.M. , Chin,P.T. , Nor Aini,I, (2009). , Droplet characterization and stability of soybean oil/palm kennel olein o/w emulsions with the presence of selected polysaccharides. Food Hydrocolloids, 23,233-243.

Paraskevopoulou, A., D., Boskou and V, Kiosseoglou, (2005). , Stabilization of olive oil – lemon juice emulsion with polysaccharides. Food Chem, 90(4), 627-634.

Raghubeer, E.V., J.S. Ke, M.L. Campbell and R.S, Meyer, (1995). , Fate of Escherichia coli 0157:H7 and other coli forms in commercial mayonnaise and refrigerated salad dressing. J. Food Prot, 58: 13-18.

Raymundo, A., Franco, J.M, Empis. , J and Sousa, I, (2002). , Optimization of the Composition of Low-Fat Oil-in-water Emulsions Stabilized by White Lupin Protein.JAOCS, Vol, 79, no.8.

Razavi, S.M.A., Bostan, A., Rezaie, M, (2010). , Image processing and physicomechanical properties of basil seed (Ocimum basilicum L.) Journal of Food process Engineering, 33 (1), 51-64.

Razavi, S.M.A., Mortazavi, S. A., Matia-Merino, L., Hosseini-Parvar, S. H., and Khanipour, E, (2009). , Optimization study of gum extraction from Basil seeds (Ocimum basilicum L.) using Response Surface Methodology, International Journal of Food Science and Technology, 44 (9), 1755-1762.

Razmkhah, S, Razavi, S.M.A, Mazaheri Tehrani, M.M. 2009. The effect of some local hydrocolloids on rheological and sensory characteristics of non-fat concentrated yoghurt. MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

S.H. Hosseini-Parvar1, S.A. Mortazavi, S.M.A. Razavi, L. Matia-Merino and A. Motamedzadegan(1388) Flow behavior of gum solutions extracted from Ocimum basilicum seeds mixed with Locust bean gum and Guar gum. EJFPP, Vol. 1 (2): 69-84

Standard mayonnaise Iran, No 2464

Stern Peter, Valentova Helena, Pokorny Jan, (2001). Rheological properties and sensory texture of mayonnaise .Eur.j.lipid sci.Technol, 103, 23-28.

Sun, C, & Gunasekaran, S, (2007a). , Effects of protein concentration and oil-phase volume fraction on the stability and rheology of menhaden oil-in-water emulsions stabilized by whey protein isolate with xanthan gum.Food Hydricolloids accepted 13 December.

Sun, C, Gunasekaran, S., & Richards, M. P, (2007b). , Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids. 21, 555-564.

Torabizade, H, 1381.Food emulsions and emulsifiers.Aeezh publication.

Voisery, P.W., and W, Foster, (1967). , An apparatus for measuring the mechanical properties of foods. J. Food Technol, 21(4), 43-47.

Yam, K. A., S., E, Papadakis, (2004). , A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61, 137–142.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 65- 78

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۷۸-۶۵

The effect of basil seed gum and xanthan on the physical and rheological characteristics of low fat mayonnaise

S. Shamsaee[1], S. M. A. Razavi[2*], B. Emadzadeh[3], E. Ataei Salehi[4]

Received: 2014.07.16
Accepted: 2015.01.04

Introduction: An emulsion is made of dispersed particles through the continuous phase, while not dissolving happens between two phases. Mayonnaise is oil-in- water emulsion (James and Dakin, 1962), as one of the most sauces used in the world. It has a mild odor and taste, creamy to pale yellow color and a pH in the range of 3.6- 4.0, which does not exceed 4.1 (Iranian National Standard, No 2454). Emulsion products are naturally instable. Different factors such as temperature, particles size, stirring, mechanical movements, constituents' concentration, presence or absence of stabilizers and thickeners may affect the emulsion stability (David, 1999). *Ocimum basilicum* L., known as basil (or ''Reyhan" in Iran), is a common herb plant grown in Iran. Soaking in water, basil seeds become gelatinous. The high mucilage content of basil seeds can make it a novel source of edible gum (Razavi *et al.,* 2008). The objective of this paper was to investigate the effect of basil seed gum as well as xanthan as fat replacers on some physical and rheological properties of low fat mayonnaise.

Materials and methods:

Emulsion stability determination:

Mayonnaise samples were centrifuged at 5000 rpm for 30 minutes. Emulsion stability (ES) was then determined using the following relation (Worrasinchai S et al., 2006):

Stability index= (Total volume/ Volume of emulsion remaining)$\times$100.

***Particle size measurement**:*

Particle size distribution of low-fat mayonnaise samples was determined using laser light diffraction technique (Fritsch Analysette 22, Germany).

Rheological measurements:

A rotational viscometer (Visco 88, Malvern, UK) equipped with a thermal circulator was used to measure the steady shear rheological properties of samples at the shear range of 14-300 s^{-1} and constant temperature of 25 ^{o}C. Power law, Bingham, Casson, and Herschel-Bulkley models were fitted on the experimental data and the rheological parameters of these models were determined using Slidewrite plus-bar Graph software (1983, Advanced Graphics Software, Inc, USA).

Image processing:

A scanner was used to capture the samples' image and the scanner resolution was set to 300 dpi. 7g sample was placed onto a plate and then 152×210 Pixel parts was cut from the obtained image. All images were stored in JPEG format for further analysis. The Clemex image processing software (Clemex Vision Professional, PE4, Canada) was used to determine the color parameters (L^*, a^* and b^*).

Results and Discussion:

Steady shear flow behavior:

The results showed that all samples are classified rheologically as non-Newtonian shear thinning fluids. According to R2 values, Power law was considered as the best rheological model to describe the flow behavior of samples. The maximum and the minimum consistency coefficients of Power law model were observed for the

---

1 And 4. Former MSc student Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran, Respectively.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Agriculture Fculty, Ferdowsi University of Mashhad.
3. Assistant professor, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
(*Corresponding Author Email: s.razavi@um.ac.ir)

formulation containing 0.75% xanthan gum and 0.45% basil seed gum, respectively. In this study, the apparent viscosity of mayonnaise (in shear rate 42 s-1) raised with increasing gum concentration that this increase in samples 4 and 5 were not significant (P>0.01). The highest apparent viscosity was observed in sample 3 that was prepared with a concentration 0.75% of xanthan gum, while the lowest viscosity was related to sample 4 that was contained of 0.45% basil seed gum. With increasing gum concentration, Bingham viscosity of the samples increased, but this increase in the samples (1, 7, 8) and (2, 6, 9) was not significant (P> 0.01). Yield stress values of Herschel-Bulkley (τH), Bingham (τB) and Casson (τC) models raised with the increasing of gum concentration. Highest yield stress value was related to mayonnaise containing 0.45% xanthan gum and the lowest yield stress value related to mayonnaise prepared with 0.45% basil seed gum.

Particle size distribution:

Particle size distribution of mayonnaise at concentration of 0.6 % xanthan gum, basil seed gum and mixture of xanthan- basil seed gum had mono-modal particle size distribution.

Emulsion stability:

Among samples, formulations of 1, 2, 3, 8, and 9 were quite stable and there was no instability (two-phase state). Higher stability in emulsions containing xanthan gum was probably due to higher viscosity of this gum compared to basil seed gum .

Color:

The best color was observed in sample 6. In this study, with increasing concentration of gum in three samples (1, 2, 3), the amount of L* decreased, it means that the brightness of the product was reduced while in samples containing a mixture of gums (xanthan- basil seed gum), increasing the gum concentration resulted in an increase in L* parameter.

Key words: Emulsion; Fat substitute; Hydrocolloids; Image processing; Rheology